

—研究ノート—  
Scientific Note

## リーセルラルセン山北麓の氷底変形構造を伴う氷河堆積物 — Richardson Clay の再検討の必要性 —

平川 一 臣<sup>1</sup>・澤 柿 教 伸<sup>1</sup>

Reconsideration of the Richardson Clay with subglacial deforming bed at an outcrop  
at the northern foot of Mt. Riiser-Larsen, West Enderby Land, East Antarctica

Kazuomi Hirakawa<sup>1</sup> and Takanobu Sawagaki<sup>1</sup>

**Abstract:** Outcrops bearing clayish stratified sediments at the northern foot of Mt. Riiser-Larsen, West Enderby Land, East Antarctica (named “Richardson Clay” by M. Hayashi, Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci., 4, 119, 1990) have been observed by several authors of the Japanese Antarctic Research Expeditions (JAREs). The Richardson Clay occurs as an interbed within a thick layer of angular gravels interpreted as glacial deposits. In a 1-day short visit of JARE-35 to this outcrop, several additional features of the sediments were identified, contributing to reconstruction of the former sub-ice sheet environment and historical change in this region. The most notable points are 1) the Richardson Clay layer has boundary layers between the Richardson Clay and gravel layers above and below it, and 2) these three layers have significant deformed structures. Recent development of the knowledge on subglacial geological processes suggests that these features were affected by glacial motion and glacial erosional, depositional and sedimentary processes. The Richardson Clay appears to consist of glacial lacustrine sediments deposited on the bottom of a proglacial lake which appeared between two glacial advances. However, whether these advances were part of a small terminus fluctuation of a major glaciation or two distinct different glaciations has not been evaluated yet. Nevertheless, we provisionally define these layers as the Richardson Till. Consequently, it is strongly recommended that further investigation of these sediments should be conducted to reconstruct the ice sheet fluctuation in this region and to obtain general information for studies on subglacial geological processes.

**要旨:** 西エンダービーランド、リーセルラルセン山北麓にひろがるモレーン原を下刻するガリーの谷壁に沿う露頭で、氷縞粘土の層相をしめす湖成堆積物(リチャードソン粘土層)とその上下の堆積物の記載を行った。その結果、リチャードソン粘土層の層序・層相について、M. Hayashi (Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci., 4, 119, 1990) の記載に加えて、それを挟在する角礫層との間に特徴的な構造を示す境界層があることを見いだした。リチャードソン粘土層とその上下の境界層の主な特徴は、堆積物全体に剪断構造が発達していること、剪断面を介して逆断層的な構造があること、その剪断のおよぶ層準が限定されること、上位の層準に下位層準起源の泥偽礫が大量に含まれることなどである。

<sup>1</sup> 北海道大学大学院地球環境科学研究科, Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Kita-10, Nishi-5, Kita-ku, Sapporo 060-0810.

ティル生成のプロセスと氷河底環境についての研究には近年顕著な進展があった。その成果を考慮し、大陸氷床の挙動および氷床底の環境を検討することによって、リチャードソン粘土層にみられる上記の特徴を解釈することが可能となると考えられる。リチャードソン粘土層そのものは、氷河前面湖底で堆積したことは確実であり、その前後に、この位置まで氷河が前進して特徴的な構造をもつ境界層や全体の変形構造が形成されたと考えられる。その変動が、氷河（氷床）の末端付近の小変動であるのか、異なる氷期の拡大を示すものなのかを判断できる材料はまだない。この地域における氷河底環境や氷床変動の復元のため、ならびに氷河底プロセス研究への情報提供という意味においても、この露頭をさらに詳細に調査・解析することが必要である。

## 1. ま え が き

西エンダービーランド、リーセルラルセン山周辺、とくにその北麓には広範囲にモレーン原がひろがっている。このモレーン原を下刻して1本の深いガリーが発達しており、その谷壁に沿って構成層の層序・層相を観察することができる（図1, 2）。Yoshida and Moriwaki (1983), Aniya (1989) および Hayashi (1990) は、モレーン原とリーセルラルセン山北面の氷河地形を、大陸氷床とローカルな山岳氷河によるものと分類して図示した。これらの研究による氷河堆積物の区分の概略は、この地域で岩石氷河の存在を指摘した Saigusa *et al.* (1998) に図示されている。本論ではその図を国立極地研究所の森脇喜一博士作成の地形図上にプロットしなお

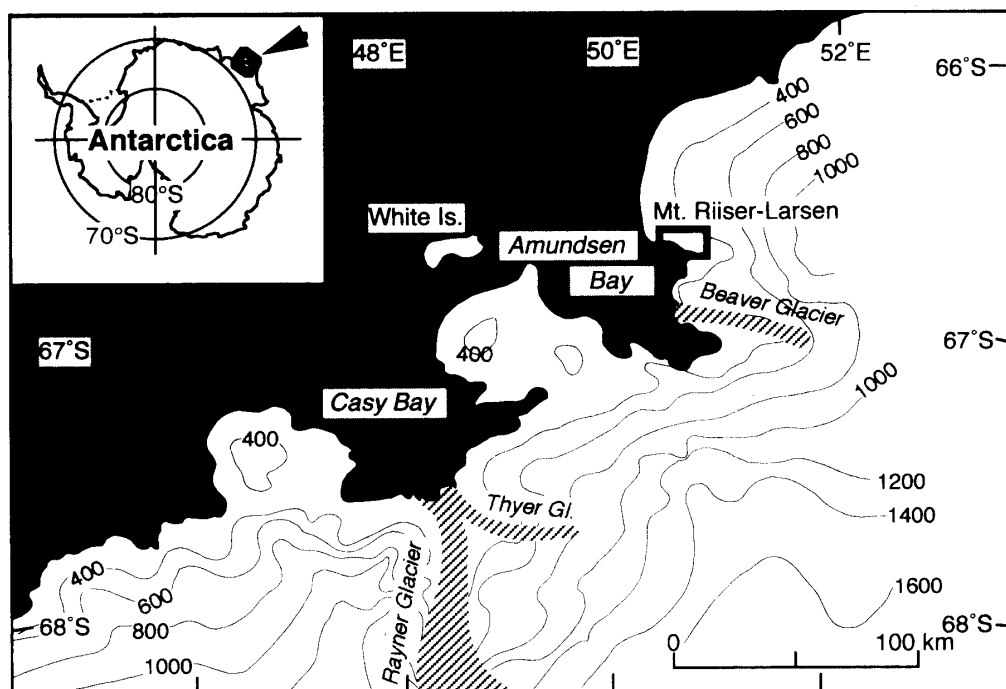


図1 調査地域

Fig. 1. Location of Mt. Riiser-Larsen in Enderby Land, East Antarctica.

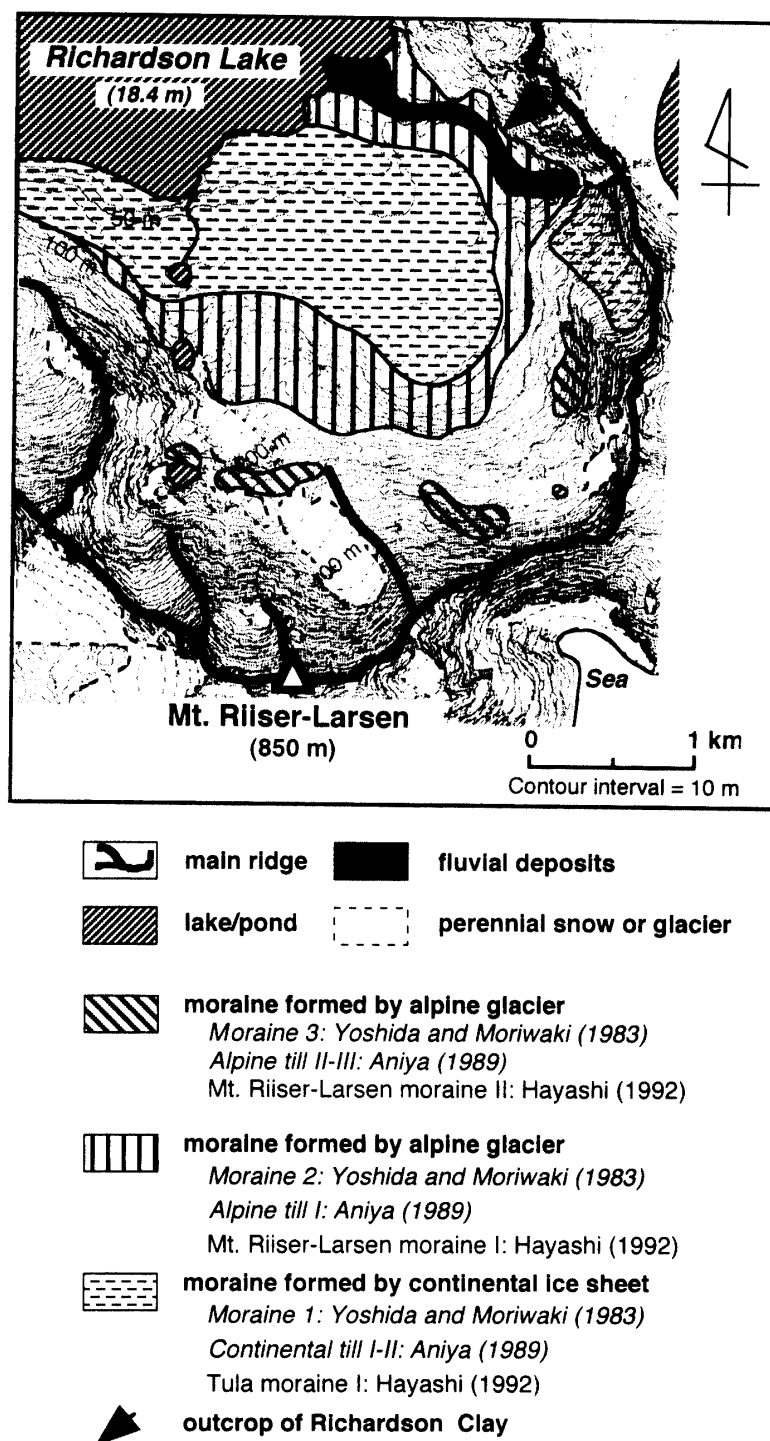


図2 露頭の位置とその周辺における先行研究による氷河堆積物の区分と分布 (Saigusa et al., 1998 の図を元に作成)

Fig. 2. The study site and distribution of glacial deposits classified by the preceding studies in this area, modified from the map of Saigusa et al. (1998).

し、露頭の位置とともに図2に示した(実際には先行研究による分布範囲は完全には一致しておらず、一つの図面上にコンパイルすることは困難である。そこで、表示に際して Hayashi (1992) の分布を優先させ、Yoshida and Moriwaki (1993) および Aniya (1989) でほぼ同じ分布域で示されている区分を斜体文字で併記した)。

Hayashi (1990) はここで氷縞粘土の層相をしめす湖成堆積物を認め、Richardson Clay (本稿では以後リチャードソン粘土層と呼ぶ) と呼んで、詳しい記載を行った。その後、Akiyama *et al.* (1990) や林・三浦 (1990) によって、この粘土層に含まれる生物遺骸や鉱物に関する記載も行われた。1996 年以降、「東南極リソスフェアの構造と進化研究計画—SEAL 計画—」が行われ、すでに 38・39・40 次日本南極地域観測隊 (JARE) においてこの地域の本格的な地形学的・第四紀学的調査・研究が実行されている。

筆者らは、SEAL 計画に先だって、JARE-35 の帰途に 1 泊の調査の機会を与えられ、わずか 2~3 時間ではあったが本露頭を観察することができた。その結果、リチャードソン粘土層の層序・層相について、Hayashi (1990) の記載に加えて新たな事実を発見した。SEAL 計画の実施により筆者らの観察結果を示す意義はもはや失われたと考えていたが、SEAL 計画の一部として実施された調査結果 (Takada *et al.*, 1998 の Fig. 1) の記載を見ると、かなり概念的であり、堆積構造や層相を区分できるような詳細な記載がなされているとは言えない。また、ティール生成のプロセスと氷河底環境に関する研究においては近年顕著な進展が見られ、筆者らの観察結果を解釈する際には、その成果を考慮した検討が必要である。筆者らの観察に関しても、当時は知識や意識の不足があった。そういう意識 (しかも短時間) のもとに実施した調査結果については現在では不満足ではあるが、今後の議論に供するために観察事実とその解釈についてコメントを残しておくことにする。

## 2. 露頭の記載

リチャードソン湖南岸の東縁近くには、広いモレーン原を切って、東南東方向の深いガリーが発達している。ガリーは湖岸から約 1 km の位置で分岐する。この分岐点付近からやや上流にかけての主ガリー右岸側に、Hayashi (1990) が記載したリチャードソン粘土層が露出している。また、分岐点より数十 m 下流の左岸側でも同様の堆積物を新たに認めた。両露頭の調査結果を横断面図にまとめると図3のようになる。この横断面図は、現場において Hayashi (1990) のリチャードソン粘土層の高度を基準点とし、望遠鏡型ハンドレベルによる高度関係に基づいて作成した。リチャードソン粘土層の標高 (40 m asl) については、その後作成された地形図の湖面高度に基づいて修正した。

### 2.1. 右岸側 (上流) の露頭

右岸側では、ガリー底から約 5-6 m 上の層準にリチャードソン粘土層が露出し、ここで

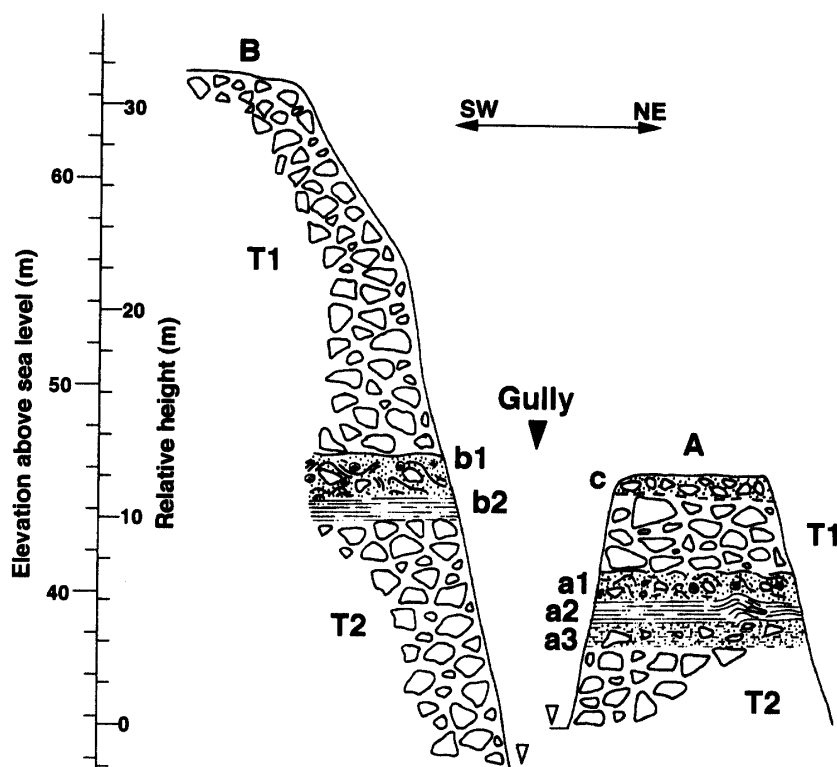


図3 リチャードソン粘土層露頭の地質断面図

Fig. 3. Geologic sections of the outcrop of the Richardson Clay layer.

Hayashi (1990) の記載が行われた。しかし、このリチャードソン粘土層は、以下に示すような特徴的な層相の堆積物に上下を挟まれている (図 3, 地点 A)。これらを記載の便宜上、上位から a1 層, a2 層 (いわゆる Richardson Clay: Hayashi, 1990), および a3 層と呼ぶことにする。

下位の a3 層は、厚さ 1-1.2 m の砂質粘土層ないしシルト層で、径 10-30 cm の角礫を多く含む (図 4B, 5C)。角礫には、観察した限り、磨かれた痕跡あるいは氷河擦痕はまったくついていない。全体として一様に固結が著しい。しかし、剪断面の密集部があるのが特徴で、一見するとラミナ (堆積構造) のような層相である。この剪断面密集部は上位の a2 層の剪断面へ連続し、a2 層の基底面より上部にまで逆断層的に食い込んでいる (図 5C)。断層変位は a3 層の基底面にまで及んでいない。

a2 層 (Richardson Clay) は、Hayashi (1990) の記載のとおり、厚さは 1-1.3 m で、氷縞粘土様の層相を呈し (図 4A, 4B)、上部 (40-50 cm) が明るい青灰色であるのに対し、下部 (70 cm) は暗褐色と色調を異にする。Hayashi は、縞の枚数について、厚さ 1 cm あたりの数に基づいて全部で約 900 枚と推定している。この a2 層は全体として変形を受けるとともに (図 5B)、上記のように a3 層から伸びる剪断を受けている (図 5C)。

a1 層は厚さ 1.5 m 程度の、大小の角礫を含む細砂～シルト層である (図 4A, 5A)。ここで特徴的な事実、a2 層の氷縞粘土を偽礫化 (径～30 cm) して大量にとりこんでいること (図

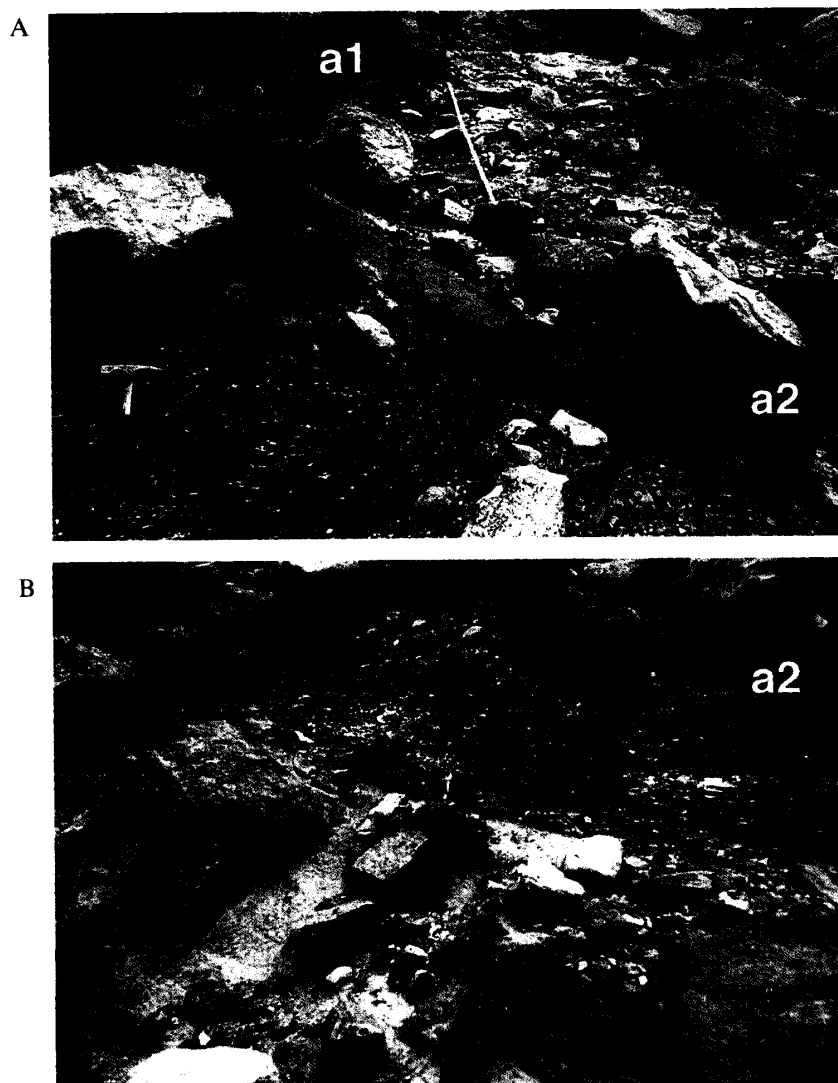


図4 A (a1): リチャードソン粘土層 (a2) とその上位の角礫層 (図3のT1) との境界層, B (a3): リチャードソン粘土層 (a2) とその下位の角礫層 (図3のT2) との境界層。

Fig. 4. A: Richardson Clay (a2) and its upper boundary layer (a1) with the overlying gravel layer (T1 in Fig. 3), B: Richardson Clay (a2) and its lower boundary layer (a3) with the underlying gravel layer (T2 in Fig. 3).

5A), a2・a3層に比べてはるかにルーズであることである。また、全体として不定形に著しく変形している。a1層に剪断構造が発達するか否かについては観察・記載が不十分であるが、現場の写真から判断する限り、著しく剪断されたような痕跡が認められる。a1層とa2層との間には、不整合を示唆するような痕跡はない。

以上のa1～a3層は、さらに、細粒物質を含まないように見える乱雑な角礫層 (ティル: T1, T2) に挟まれている。上位の角礫層 (T1) の厚さは、ここでは5m程度にすぎないが、それはガリーが発達する際に侵食されたためであって、本来は次の左岸側の記載で示すように15m以上はあったにちがいない。図3では、このような考えから、段丘化する際に形成された侵食

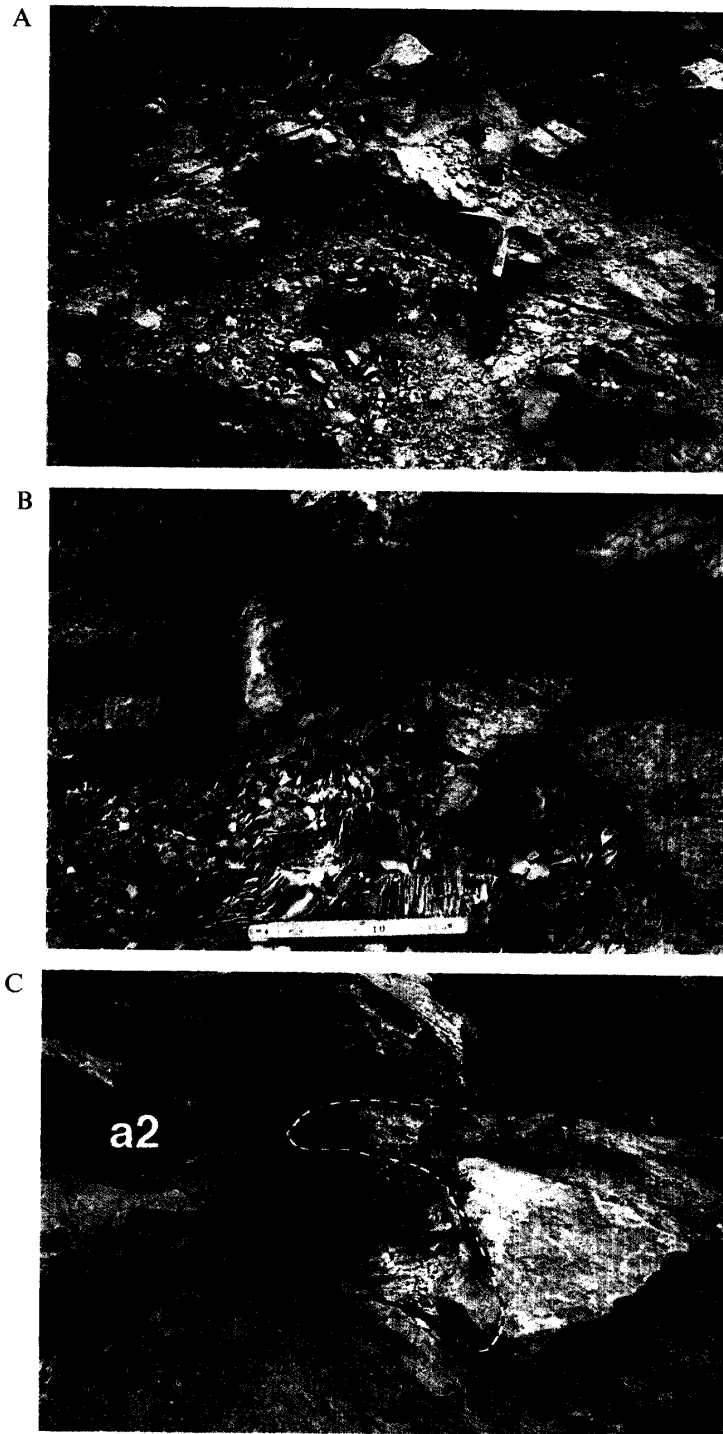


図5 リチャードソン粘土層 (a2) とその上下層準 (a1, a2) に見られる変形構造。A (a1): 剪断構造と a2 層から偽礫化して取り込まれた氷稿粘土。B (a2): 褶曲した氷稿粘土層。C (a3): 剪断面に沿う押しかぶせ構造

Fig. 5. Photographs showing deformed structures within the Richardson Clay layer. A (a1): shear planes and a ripped-up clast derived from the underlying a2 layer, B (a2): folded lamination of lacustrine sediments, C (a3): a fold incising into the a2 layer.

性の河成（または融氷河性）ベニア礫層（C 層）を推定して記入した。Hayashi (1990) が a3 層の記載を行わなかったのは、それが a1・a2 両層に比べるとやや礫質で、上下に厚く発達する礫（ティル）と同じと考えたためと推定される。

## 2.2. 左岸側の露頭

上記の露頭からやや下流（ガリー分岐点より数十 m）の左岸側では、図 3 の地点 B のような堆積物が観察される。ここでは、ガリー底の上 12-15 m の層準に上記の a1・a2 層と同じ層序・層相の堆積物を挟む、厚さ 30 m を越える角礫層（ティル）が露出する。a2 層と同じ氷碛粘土様の細粒堆積物は厚さ 50-70 cm である。これを b2 層と呼ぶ。b2 層を覆って、角礫混じりであること、b2 層由来の泥偽礫を大量に含む細砂層であること、著しく変形していること、ルーズであることなど、上記の a1 層と同様の特徴を示す層がある。この堆積物を b1 層と呼ぶ。b1 層に剪断面が認められるか否かについては、記載当時には十分な注意を払っていなかったのかわからない。その層厚は 1.5-2 m である。この露頭では a3 層に対応する堆積物は認められない。b1 層の上面高度（標高）は、ハンドレベルによる実測では、a1 層より約 5 m 高い。

これらの堆積物は厚い角礫層（ティル: T1, T2）中に挟まれている。角礫層の厚さは、b1 層上面から地表面（T1）までが約 18 m、b2 層より下位（T2）では少なくとも 12 m 以上あることが確認できるが、まだ基底に達していない。

## 3. 考察および関連する問題

以上の記載のように、リーセルラルセン山北麓には特徴的な氷碛粘土状層相の堆積物を含む厚い氷河性堆積物が分布する。この堆積に関わって、いくつかの問題について議論することができる。以下にそれらについて指摘する。

### 3.1. 氷河堆積物の形成プロセスに関する解釈

a2 層、すなわちいわゆるリチャードソン粘土層は約 900 枚にも及ぶと推定できる均質な粘土〜シルト薄層からなることから、静水環境で堆積したことは確実である。また a2 層は、下位の a3 層および上位の a1 層（後述のようにいずれも氷河底ティル）との間に不整合的な現象が全く認められないことから、おそらく氷床前面の湖において形成された氷河性湖成堆積物と思われる。Akiyama *et al.* (1990) は藻類などの化石およびヴィヴィアナイトの結晶が多く含まれることに基づいて、この粘土層はペンギンなどの海鳥の活動によって汚染された海水が流入したエスチュアリー湾奥の気水環境下で形成されたことを想定している。筆者らはこの粘土層については分析を行っていないし、本稿の目的もリチャードソン粘土層の堆積環境を検討することではないので、これ以上言及しない。

ここでまず露頭で観察された着目すべき重要な事実をあげておく。それらは 1) 堆積物中に



発達した剪断は a3 層から a2 層におよんでいること、2) a2 層基底面と a3 層上面は剪断面を介して逆断層的に食い違っていること、3) その剪断は a3 層基底には及んでいないらしいこと、4) a2・a3 層が固く締まっているのに対して a1 層はルーズであること、5) a1 層は a2 層起源の泥偽礫を大量に含むこと、などである。

このような事実は、氷河底におけるティルの形成プロセスや層相の特徴に関する近年の研究（たとえば、Hart and Boulton, 1991; Hart, 1998）を考慮に入れながら、大陸氷床の挙動および氷床底の環境を想定・検討することによって、説明可能と思われる。

これらの研究によれば、氷河底と接する地表面が未固結堆積物からなる場合には、氷河によって変形を受け、それが氷河流動の重要な部分を担うことが知られている。この変形層 (deformation layer) は氷河流動以前から地表面付近を構成していた物質および氷河底の汚れ層 (debris rich ice layer) から供給された物質からなる。変形層の下限にはしばしば低角ないしほぼ水平の剪断面が形成され、剪断面 (帯) に沿って押しつぶせが生じたり、さらに変形が進むと“ブーダン (boudin)”や“眼球 (Augen)”構造が生じる。また、氷河底の汚れ層においても、同様に変形層表層から物質を剪断面に沿って引きずり込んだり、取り込んで“ブーダン”や“眼球”構造をなす。

以上のような氷河底で働くプロセスを考慮して、上記の氷河堆積物の形成環境の復元を模式的に示すと図 6 のようになる。すなわち、干上がった a2 層 (リチャードソン粘土層) を覆って氷床底面に汚れ層を伴う大陸氷床が前進した。a2 層および a3 層に見られる上述の変形はこの流動とともに生じた。さらに a1 層には a2 層起源の泥偽礫が含まれることは、変形層が氷河底の汚れ層に押しつぶさったり、変形層から取り込んだ物質が氷床底の汚れ層中で“ブーダン”や“眼球”構造をなしていたことを示す。また、a1～a3 層を覆う厚い粗大角礫層は氷床中および氷床表面にあったティルが着地したものと考えるのが妥当である。この解釈と a1 層がルーズである事実とをあわせると、これらのティルとその変形をもたらした氷床はここで融解し、その後は氷床に覆われていないことを示すと考えられる。

リチャードソン粘土層に覆われる a3 層は、a1 層とよく似た層相を呈するが、はるかに強く固結している。この固結が、形成時に変形層として生じたのか、a1 層と同様の氷河底汚れ層起源のルーズなティルが上記の氷床の圧密を受けて後に生じたのか、これまでの調査では判断できない。確実なことは、a1 層を汚れ層 (図 6 の debris-rich basal ice) とした氷床の流動時には a3 層のほぼ全層が a2 層とともに変形層となったということである。

ところで、a2 層 (粘土層) は、剪断を受けて変形しているとはいえ、堆積時の層序・層相を比較的良好に保っている。離水後の時間は短いと推定できる未固結の湖成層が、流動する氷床下における脆性的破断や断層変位を受けたのは、a2 層が永久凍土化していたためと考えられる。

氷河底堆積物の変形プロセスにおいて、永久凍土化した堆積物の振る舞いはまだ明らかに

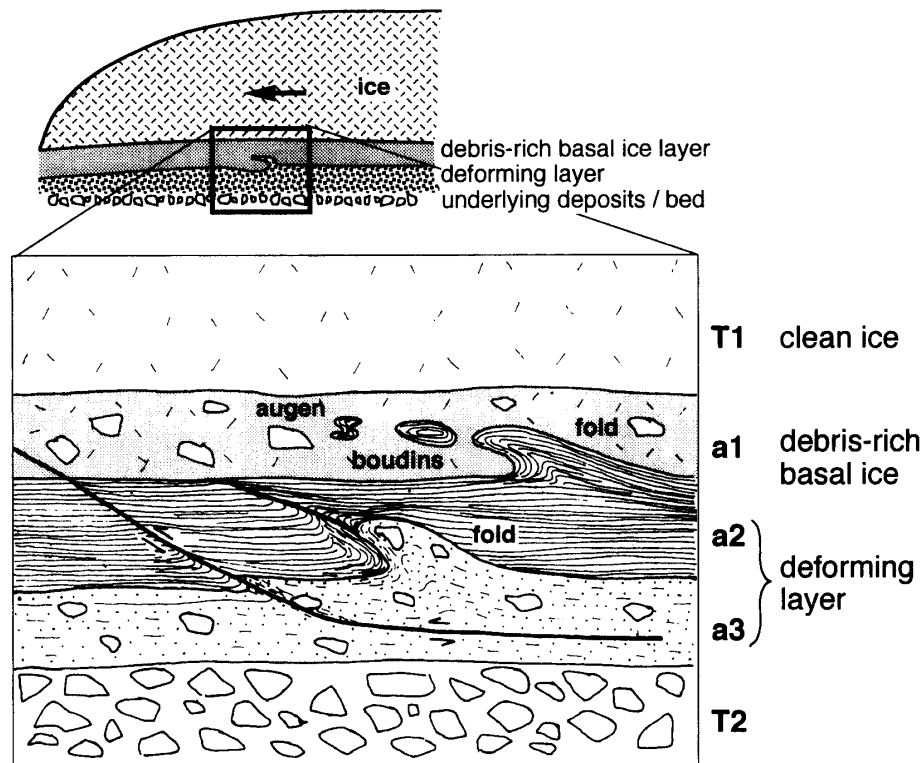


図6 リチャードソン粘土層とその上下境界層形成時における氷河底環境の模式的復元図  
 Fig. 6. Schematic profile showing the subglacial sedimentary environment applied to the deformed structures in Richardson Clay layer.

なっていないし、そういう視点での研究も多くはない。氷河底の地質学的プロセスを解明していく上でも、この露頭は多くの情報を提供してくれるものと期待される。今後そのような視点での詳細な調査を行っていくことが必要である。

### 3.2. 層序

上で検討したように、氷河底で働くプロセスと堆積物の特徴を考慮すれば、a3層は氷河底で形成され、氷床がいったん退いた後にa2層（リチャードソン粘土層）の湖成層（初生構造）が形成されたことになる。上記の堆積物のなかで、確実に氷床から解放されていたことを示すのは、このa2層だけである。a2層とb2層は上位のa1層およびb1層、さらにそれらを覆うT1層の層相・層序が同じであることから、約5mの分布高度の相違は堆積時の湖底高度（水深）の違いを示すと考えられる。湖成を示す初生構造を持つa2層が下位のa3層とともに変形や剪断を受けていることは、その剪断がa2層の堆積後に生じたことを示す。それは、a2層起源の泥偽礫がa1層中に取り込まれたのと同時期である。

a3層は上記のように氷河底起源のティルと考えられるが、T1・T2のような碎屑物をはさむことなくa2層（リチャードソン粘土層）に整合的に連続する。したがって、a3層を氷河底ティ

ルとして流動した氷床は、氷河中にも氷河表面上にもほとんど礫（ティル）を伴わなかったか、あるいは底面氷からの礫の供給が著しく少なかったことになる。さらに、a2層とa3層との間にも不整合を示すような現象はなく、両層のあいだには時間的間隙はほとんどなかったと考えられる。

a1層とそれを覆う角礫層（T1）は同時期の氷床に関わるティルである。また、a3層の下位の角礫層（T2）も氷河中～氷河表面ティル起源であり、さらに先行する氷床の前進を示すと考えられる。ただし、a3層とその下位のT2ティルとの間に時間的間隙があるか否かについては、検討できる資料がない。

以上のように、この露頭周辺では、氷床の前進・後退との関連において、下位から、1) T2角礫層（氷河表面～氷河中ティル）、2) a3層（氷河底ティル）、3) a2層（リチャードソン粘土層）、4) a1層（氷河底ティル）、および5) T1角礫層（氷河表面～氷河中ティル）という層序区分が可能である。なお、2)～4)は同時期に変形を受けていると考えられる。

本露頭の位置するガリーの周辺では、モレーン原に3-4 mの高度差が見られる。Aniya (1989) と Hayashi (1990) は、この高度差に基づいて山岳氷河のターミナルモレーンを認定し、大陸氷床起源のモレーンを覆って山岳氷河が発達したとした。しかし、上で記載したように、少なくともa3層から当時の地表面（右岸側ではガリー形成時に侵食されているが、左岸側のb2層を覆うT1層の堆積物頂面とほぼ同じであったと考えて差し支えない）までの堆積物は1回の氷床の前進によって生じたものである。すなわち、上記の堆積物の起源に関して、山岳氷河のティルを考慮する必要はない。モレーン原における比較的連続するやや高度の高いモレーン原は、大陸氷床がリーセルラルセン山の山麓にまで達した時に、氷河上に形成されたモレーンフィールドの分布域に当たると考えるほうが妥当であろう。山麓の湾入部において氷河表面モレーン原が発達することは、同じ東南極のたとえばセルロンダーネ山地では一般的な現象である（森脇・平川，1992）。

### 3.3. 形成時代、氷床拡大に関する問題点

吉田 (1986) は、リーセルラルセン北麓の厚い氷河堆積物は鮮新世末に位置づけられる可能性を示しつつ（吉田，1986の表3.5）、時代を決定できる試料がないことを指摘した。Moriwaki *et al.* (1992) も、リチャードソン粘土層がプリンスチャールズ山地において鮮新世末に編年されているパゴドラマティル（Pagodrama Tillite: McKelvy and Stephanson, 1990）に対比される考えを図示している。これに対して Hayashi (1990) は、リチャードソン粘土層を比較的近い Vestfold Hills において主張された鮮新世初期の海成堆積物（Adamson and Pickard, 1986）に対比し得るかどうかの証拠はないこと、しかし一方で、最終氷期極相期に先行する亜間氷期ないしは間氷期に形成されたことは確実であることを強調した。

Takada *et al.* (1998) は、リチャードソン粘土層とおそらくその下位の角礫層（ティル）か

ら、それぞれ  $40250 \pm 1250$  yBP,  $42570 \pm 670$  yBP の  $^{14}\text{C}$  年代を得た。Zwartz *et al.* (1998) は、リチャードソン粘土層が、宗谷海岸のラングホブデ北部で得られた 46–32 ka の年代を示す相対的高海水準期に対比される可能性を指摘しつつ、リチャードソン粘土層の形成を最終間氷期ないしはそれ以前と考えている。

Zwartz *et al.* (1998) はリーセルラルセン山において、標高 500 m 付近以高では氷河外来巨礫が分布しないこと、山地斜面が氷河に磨かれた痕跡がなく風化が著しいことから、リーセルラルセン山は標高 500 m 付近まで大陸氷床に覆われたことを示した。その時代については限定していないが、最終氷期極相期を示唆している。この考えに従えば、およそ 500 m の厚さの氷床がリチャードソン粘土層上を流動したことになる。リチャードソン粘土層の変形や剪断が、厚さ 500 m の氷床による荷重がかかった結果と解釈できるかどうか、くわしい現場の記載に基づく検討が必要である。

### 3.4. リチャードソン・ティルの定義

以上の記載のように、リーセルラルセン山北麓のモレーン原を構成する堆積物は、間に氷河性湖成堆積物を挟む氷河底ティル、および氷河中・氷河表面ティルを起源とすることがあきらかである。氷河底のプロセスを考慮すれば、リチャードソン粘土層 (a2 層) は、堆積当時の湖成堆積構造を維持している氷底変形ティル (deformation till) であり、Benn and Evans (1998, p. 387–390) の定義に従えば、厳密には glacioteconite と呼ぶべきものである。その上下の a1・a3 層には初生構造をはっきりと認めることはできないので、狭義の deformation till としてかまわないだろう。ここではこのような考えにしたがって、本露頭に露出する a1～a3 すべての堆積物について、リチャードソン・ティルと定義する。

すでにこの地域では、Hayashi (1990) が、大陸氷床起源の Tula モレーンとローカルな山岳氷河起源の Riiser Larsen モレーンとを提唱しており (図 2)、本論でリチャードソン・ティルとした層の下限 (a3 層) と考えられる層準に、Tula モレーンと Riiser Larsen モレーンの境界をひいている。しかし、リチャードソン・ティルは、現在得られている試料からはその地形的広がりをも明らかにできないため、モレーンと定義されているものと同列で対比することは難しい。また、そのどちらの時期に対比されるのか、あるいはそれらと全く別物なのかを判断できる材料もない。3.3 章で述べた吉田 (1986) や Moriwaki *et al.* (1992) の対比案を考慮した場合、Tula モレーンは、概念的には鮮新世末のものと位置づけられるので、おそらく更新世以降であろうと考えられるリチャードソン・ティルは、Riiser Larsen モレーンに対比した方がよい。ただし、3.2 章でも述べたように、山岳氷河のティルを考慮する必要はないことを強調しておく。あえて Riiser Larsen モレーンの性格を山岳氷河起源と位置づけるのであれば、むしろリチャードソン・ティルは、Riiser Larsen モレーンとも区別したほうが良いであろう。

## 謝 辞

この調査は JARE-35 の夏期行動の一部として行われた。野外調査を実施するにあたり、JARE-35, JARE-34 の諸氏、「しらせ」乗員にはご支援をいただいた。感謝申し上げたい。

## 文 献

- Adamson, D.A. and Pickard, J. (1986): Cainozoic history of the Vestfold Hills. *Antarctic Oasis*, ed. by J. Pickard. Academic Press, 63-97.
- Akiyama, M., Hayashi, M., Matsumoto, G. and Miura, K. (1990): Plant remains and related substances in the past lacustrine sediments of the Mt. Riiser-Larsen area, Enderby Land, East Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Polar Biol.*, **3**, 207-217.
- Aniya, M. (1989): Landforms in the Mt. Riiser-Larsen area, Amundsen Bay, Enderby Land, East Antarctica. *Trans. J. G. U.*, **10**, 195-208.
- Benn, D.I. and Evans, D.J.A. (1998): *Glaciers and Glaciation*. London, Arnold, 734 p.
- Hart, J.K. (1998): The deforming bed/debris rich basal ice continuum and its implications for the formation of glacial landforms (flutes) and sediments (melt-out till). *Quat. Sci. Rev.*, **17**, 737-754.
- Hart, J.K. and Boulton, G.S. (1991): The interrelation of glaciotectonic and glaciodepositional processes within the glacial environment. *Quat. Sci. Rev.*, **10**, 335-350.
- Hayashi, M. (1990): Glacial history with special reference to the past lacustrine deposits in the Mt. Riiser-Larsen area, Enderby Land, East Antarctica. *Proc. NIPR Symp. Antarct. Geosci.*, **4**, 119-134.
- 林 正久・三浦 清 (1990): 第 29 次南極地域観測隊によって採取された二・三の南極産鉱物の産状と特徴。島根大学教育学部紀要, **23-1**, 1-24.
- McKelvey, B. and Stephanson, N.C.N. (1990): A geological reconnaissance of the Radok Lake area, Amery Oasis, Prince Charles Mountains. *Antarct. Sci.*, **2**, 53-66.
- 森脇喜一・平川一臣 (1992): セールロンダーネ山地西部の地形と後期新生代の氷床変動。南極資料, **36**, 15-48.
- Moriwaki, K., Yoshida, Y. and Harwood, D.M. (1992): Cenozoic glacial history of Antarctica-A correlative synthesis. *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, ed. Y. YOSHIDA *et al.* Tokyo, Terra Sci. Publ., 773-780.
- Saigusa, S., Miura, H., Maemoku, H. and Hirakawa, H. (1998): Preliminary report on rock glaciers at the foot of Mt. Riiser-Larsen in Enderby Land, East Antarctica. *Nankyoku Shiryo (Antarct. Rec.)*, **42**, 168-178.
- Takada, M., Miura, H. and Zwart, D.P. (1998): Radiocarbon and thermoluminescence ages in the Mt. Riiser-Larsen area, Enderby Land, East Antarctica. *Polar Geosci.*, **11**, 239-248.
- 吉田栄夫 (1986): 南極氷床の長期変動と地形。南極の科学 5 地学, 国立極地研究所編。東京, 古今書院, 196-209.
- Yoshida, Y. and Moriwaki, K. (1983): Landform of Mt. Riiser-Larsen, Amundsen Bay, Enderby Land: Results of a preliminary survey. *Mem. Natl Inst. Polar Res., Spec. Issue*, **28**, 240-246.
- Zwart, P.D., Miura, H., Takada, M. and Moriwaki, K. (1998): Holocene lake sediments and sea-level change at Mt. Riiser-Larsen. *Polar Geosci.*, **11**, 249-259.

(1999 年 12 月 2 日受付; 2000 年 1 月 11 日改訂稿受理)